

# エルゴメーター運動による 血中乳酸と唾液中アミラーゼの変化

阿 部 征 次

## 要 約

本研究は運動強度の増加に伴い、血中乳酸と唾液中のアミラーゼが並行した動きをたどりながら増加するか否かを調査することを目的に行われた。被験者は健康な男性3名を対象とした。運動様式は自転車エルゴメーターで実施し、負荷は3分間20watt 漸増の多段階漸増負荷試験で実施し、運動が継続できなくなるまで行われた。血中乳酸および唾液中アミラーゼは運動終了直後に採取された。血中乳酸は運動負荷の増加に伴い増加していくことが確認されたが、唾液中アミラーゼは増加するもの、低下するもの、変化しないものと別れた。この結果は血中乳酸と唾液中アミラーゼは並行した動きをするとは言いが、被験者が3名しかいないことから、この結果が全てでとは言えず被験者を増やし、更に研究を深めていく必要がある。

## 緒 言

血中乳酸は運動強度が増加するにつれて増加することが知られており、個人に適した運動強度の決定、乳酸性閾値（Lactate Threshold）の決定、OBLA（Onset of Blood Lactate Accumulation）の決定などに用いられる。また、運動を行うことが健康につながるということが多くの科学研究で証明されてきたが、その際の科学的根拠としても血中乳酸が多く用いられている。いわ

ば血中乳酸は、運動強度を主観的ではなく客観的に判断するために必要なバイオマーカーなのである。

しかし血中乳酸の測定は侵襲的であるため、医療系の国家資格を有している医師や看護師などでなくては採血を行うことができない。そのため、乳酸を用いて運動強度の決定、乳酸性閾値の決定および OBLA の決定をしたいと考える多くの運動およびスポーツの現場では、乳酸を用いることが難しい現状である。

実際にスポーツジムなどでは採血ができないため、自転車エルゴメーター運動や心拍数から最大酸素摂取量を推定し個人に適した運動強度を決定している。また、多くの個人で運動する人たちは運動に関する専門的知識が浸透していないため、個人に適した運動強度を適切に決定することができず、個人が体感する感覚で行っているのが現状である。

これらを補うものとして、非侵襲的な運動強度の評価方法の一つに Borg が提唱した RPE (rating perceived exertion) スケールがある。RPE は主観的な疲労感などを利用した運動強度指標であるが、心拍数、酸素摂取量などの生理的運動強度指標、スピードやパワーなどというような物理的運動強度指標と相関関係があることも知られている。しかしながら RPE はその日の気温、湿度、天候、体温および気分などの様々な環境要因の影響を受けやすいため、一定のものとして利用するのは難しいところもある。

アミラーゼは主に膵臓と唾液腺から分泌される酵素であり、膵炎や耳下腺炎等により高値になる。アミラーゼは食物として摂取したデンプンを消化する酵素で、主に膵臓と唾液腺で作られているが、正常な血液中には膵臓からのもの（膵型）が40%、唾液腺からのもの（唾液腺型）が約60%の割合で含まれている。臓器から血中に出たアミラーゼの寿命は非常に短く約2～4時間で消失し、約3分の1は腎臓から尿として、残りは肝臓や網内系で処理される。近年、アミラーゼは交感神経系の活性を測定するバイオマーカーとして用いることができることが分かり、唾液中から採取したアミラーゼを用いることにより、個人のストレスを測定できる方法が開発された<sup>9)</sup>。アミラー

ぜは唾液中から簡易に採取することが可能であり、侵襲することもないため様々な活用方法が期待される。

そこで、本研究では唾液中アミラーゼが身体に対する運動強度を正しく反映できうるバイオマーカーになり得るか否かを検討する。

## 仮 説

本研究は血中乳酸と唾液中アミラーゼが運動強度の増加に伴い同様の変化をするとの仮説をもとに実験を行った。

## 目 的

自転車エルゴメーターを用いた多段階漸増負荷試験を行い、血中乳酸および唾液中アミラーゼを採取し、それぞれの変化を検討する。

## 方 法

### 対象者

健康な成年男性3名を対象とした。身体特性は表1の通りである。

表1 被験者の身体特性

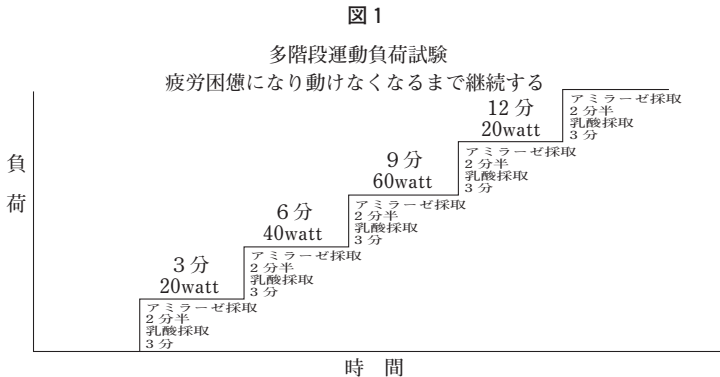
	身長	体重	Vo2max
A	178	65	44.5
B	177.2	77	38.6
C	180	75	39.6
平均	178.4	72.3	40.9
標準偏差	1.4	6.4	3.2

### 食事制限および運動制限

運動負荷実験前8時間より実験直前まで絶食および安静状態を継続した(水のみ可)。

## 運動負荷試験

3分間20watt 漸増の多段階運動負荷試験を行った。各負荷の間には1分間の休息をはさんだ。被験者は疲れて動けなくなるまで運動を継続した。運動は一人の被験者が同様の運動を2回行った（図1）。



## アミラーゼおよび乳酸分析

運動負荷 2分30秒経過時点で唾液中アミラーゼを採取するために試薬（ニプロ株式会社酵素分析装置唾液アミラーゼ測定チップ）を口にくわえ運動中のアミラーゼを採取した。採取したアミラーゼはニプロ株式会社酵素分析装置唾液アミラーゼモニターで測定した。血中乳酸は3分秒経過時点で耳から採取した。血液はラクテイトプロセンサー（試薬）で採取されラクテイトプロ LT-1710 で測定された。

## 実験に当たっての同意

全ての被験者は実験への参加の前に、被験者の権利と義務および実験を行う上での危険事項などの説明を受け、実験への参加を同意した上で研究は行われた。

## 結 果

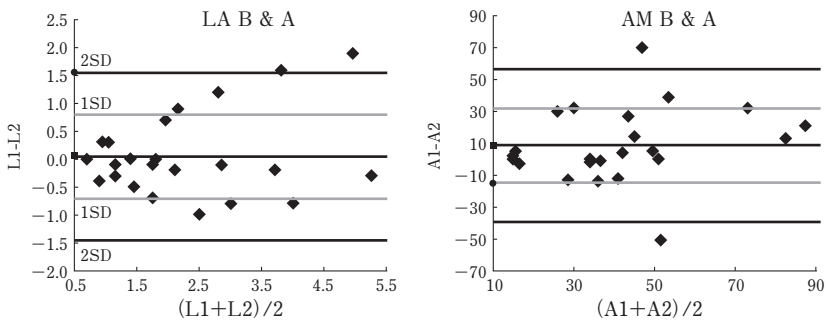
全ての被験者は運動負荷試験を完遂することができた。運動中のアミラーゼおよび乳酸は2回の運動負荷試験ほぼ全段階で採取することができた。

バイオマーとして広く利用されている乳酸は、全ての試験者において運動負荷試験において再現性を見ることができた(図2)。唾液中アミラーゼの再現性を確認するために、ブランドアルトマンプロットを行った。このことより、唾液中アミラーゼも乳酸と同様に再現性を見て取ることが確認できた。

運動負荷試験の1回目および2回目の乳酸および唾液アミラーゼの経時的変化は図3の通りとなった。この結果より、乳酸の変化と同調するもの、異なるもの、および、判断できないもの、の3通りの動きを確認した。

また、それぞれの被験者の血中乳酸2 mmol/L 付近での唾液中アミラーゼ濃度は相関係数を用いて統計処理を行った。図4はそれぞれの結果である。これにより、相関が認められるもの、相関が認められないもの、および、逆相関が認められるもの、の3通りの統計結果が確認できた。

図 2



LA：乳酸      B&A：ブランドアルトマンプロット

L1：乳酸測定1回目

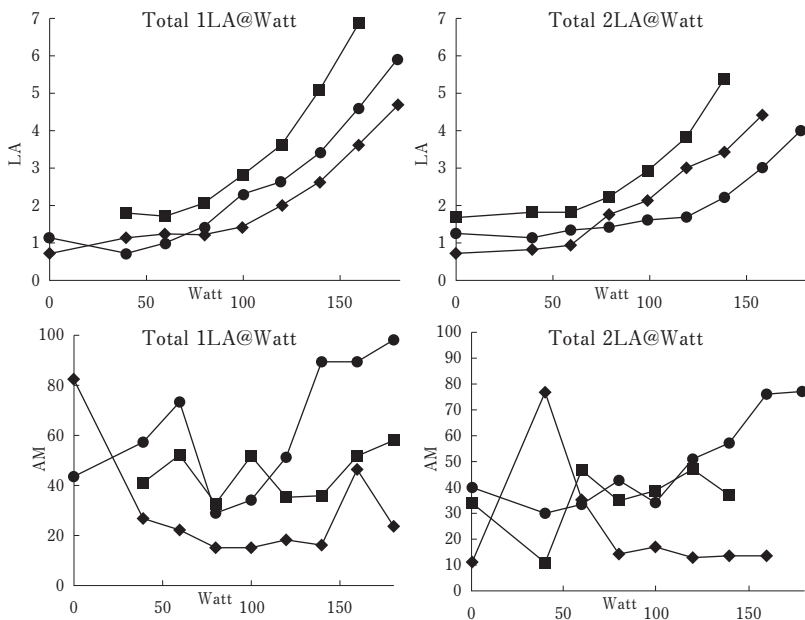
L2：乳酸測定2回目

AM：アミラーゼ

A1：アミラーゼ測定1回目

A2：アミラーゼ測定2回目

図 3



1LA：一回目の運動負荷試験に対する乳酸

2LA：二回目の運動負荷試験に対する乳酸

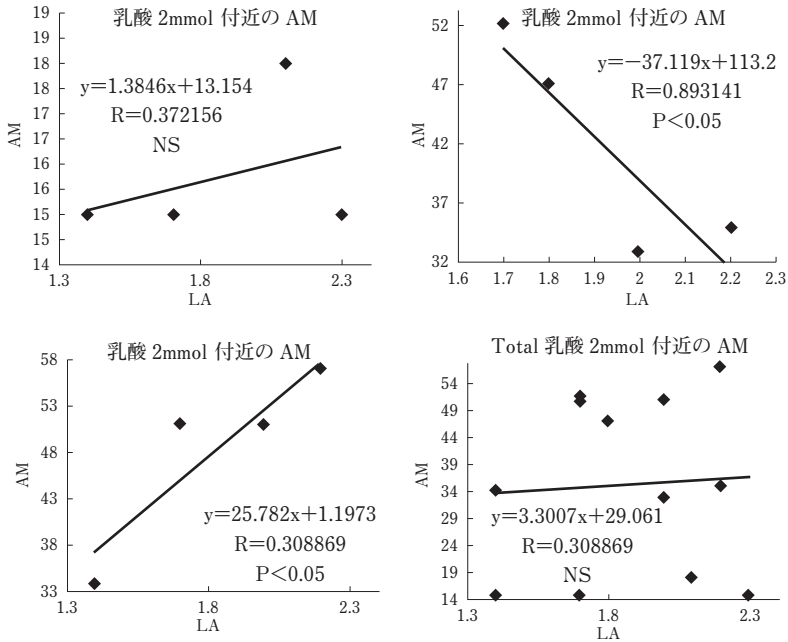
1AM：一回目の運動負荷試験に対するアミラーゼ

2AM：二回目の運動負荷試験に対するアミラーゼ

## 考 察

現在、ストレスに対する唾液中アミラーゼの発生機序は SAM System (Sympathetic nervousadrenal medullary が考えられている<sup>2)</sup>。SAM System は様々な刺激を受けて交感神経系が興奮し、それを受け副腎髄質からノルエピネフリン (NE) が分泌される。それにより血中 NE 濃度が上昇し、アミラーゼの合成・分泌促進され、唾液中アミラーゼの発生という経路をたどる (図 1)。このことから、過度の運動を被験者に課すことで唾液中アミラーゼが運動強度の増加に伴い徐々に増加するのではないかと仮説を立てた。この仮説を実

図 4



被験者 3 人の血中乳酸 2 mmol/L 付近の唾液中アミラーゼ濃度

証するために、3 人の被験者を対象に 3 分間 20watt 漸増の多段階運動負荷試験を行った。結果は当初の仮説と反し運動強度の増加に左右されないもの、運動強度の増加に依存するもの、運動強度の増加が影響を与えているか否か判断できないもの、と 3 通りになった。このことから運動強度の増加により唾液中アミラーゼが増加するとは統計学的には言えない結果となった。

しかしながら、本研究での運動強度の増加に伴い唾液中アミラーゼが増加する、判断が難しいなどの結果があることや、先行研究<sup>3,4,5,6,7)</sup>などの結果を踏まえて考えると、運動強度の増加と唾液中アミラーゼの増加が無関係と言い切ることも出来ない。

唾液中アミラーゼの増加は SAM system による発生機序がある<sup>2)</sup>。本研究

で唾液中アミラーゼが増加しなかった原因は、SAM system 中の交感神経活性が個人間により差異があったことや、被験者が実験環境の影響を受けてしまったことなどが示唆される。交感神経の活性は精神状態の興奮、実験環境の温度、身体温度、音など様々な影響を受けるため、一定の実験環境を被験者に与え実験に取り掛かる必要がある<sup>2)</sup>。しかし本研究は、講義の一環として実験を行ったため、精神的および身体的に一定の条件を被験者に与えることが出来たとは言えない部分もある。また、個人間においてストレスに耐性があることが知られており、これが今回の実験で唾液中アミラーゼに個人差があった原因につながっていることも示唆される。これらのことをうけ、本研究には改善する余地があることは否定できない。

この研究の更なる発展の為には、ストレス耐性者などを考慮したうえで被験者を増やし追加実験を行い、また実験環境を一定なものにするなどの工夫が必要である。

## ま と め

本研究で行った3分間20watt 漸増の多段階運動負荷試験は、乳酸とアミラーゼが並行して推移するもの、乳酸とアミラーゼが異なった動きをするものおよび、乳酸とアミラーゼの動きが判断しにくいもの、と3通りが見られた。今回の実験でだけは、乳酸とアミラーゼの関係を明らかにすることは困難なため、今後は被験者を増やし追加実験を重ねていく必要がある。

## 参考文献

- 1) 山口昌樹ら. 2007 年唾液アミラーゼ式交感神経モニタの基礎的性能. 生体医工学 Vol.45 No 2
- 2) 山口昌樹ら. 2005 年 バイオマーカーによる生体計測②ストレスの定量評価. 臨床栄養. Vol.107 No.7 : 12 月号
- 3) Felipe Calvo et al. 1997 Anaerobic Threshold Determination With Analysis of Salivary Amylase. Can J Appl Physiol Dec : 22(6) : 553-61



- 4) Jose L. Chicharro et al. (1994) Salivary electrolytes as a useful for anaerobic threshold determination. *Eur J Appl Physiol* 68 : 214-218
- 5) J. L. Chicharro et al. (1995) Anaerobic threshold in children : determination from saliva in field tests. *Eur J Appl Physiol* 70 : 541-544
- 6) Jose L Chicharro et al. 1999 The salivary amylase, lactate and electromyographic response to exercise. *Japanese Journal of Physiology*, 49, 551-554,
- 7) Judith E. Allgrove et al. 2008 ; Effect of exercise intensity on salivary antimicrobial proteins and markers of stress in active men. *Journal of sports sciences*, April 26(6) : 653-661